



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

# Proteininnehåll i svensk spannmål - användning och betydelse för olika djurslag



**Matilda Johansson**

---

Examensarbete för kandidatexamen, 15 hp

Agronomprogrammet – Husdjur

Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **569**

Uppsala 2016

---



Sveriges lantbruksuniversitet  
**Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap**  
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

# **Proteininnehåll i svensk spannmål -användning och betydelse för olika djurslag**

## **Protein content in Swedish cereals -use and importance for various animal species**

**Matilda Johansson**

**Handledare:** Rolf Spörndly, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

**Examinator:** Kjell Holtenius, SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård

**Omfattning:** 15 hp

**Kurstitel:** Kandidatarbete i husdjursvetenskap

**Kurskod:** EX0553

**Program:** Agronomprogrammet - Husdjur

**Nivå:** Grund, G2E

**Utgivningsort:** SLU Uppsala

**Utgivningsår:** 2016

**Serienamn, delnr:** Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 569

**Omslagsbild:** Matilda Johansson

**On-line publicering:** <http://epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Spannmål, råprotein, aminosyror, havre, vete, korn, rågvete, idisslare, enkelmagade.

**Key words:** Cereals, crude protein, amino acids, oats, wheat, barley, triticale, ruminants, monogastrics.

## Sammanfattning

Spannmål utgör vanligen mellan 50 % och 80 % av kraftfodret till livsmedelsproducerande djur, det ses främst som ett energifodermedel men spannmålen tillför även en betydande del råprotein till foderstaten. Behovet av att använda importerat sojamjöl med dokumenterat negativa miljöeffekter kan minskas genom att använda inhemsk spannmål med hög råproteinhalt. Råproteinhalten i spannmål styrs bland annat av nederbördsmängd under växtsäsongen, torrt väder ger lägre avkastning och mer protein i kärnan jämfört med blöta år då avkastningen ökar men råproteinhalten i kärnan blir lägre. Att gödsla med maximal kvävemängd uppdelad i två givor ger högre råproteinhalt än att enbart ge en giva. Till vissa djurslag kan det vara aktuellt med behandling av spannmål för att öka nyttjandegraden. Ett exempel på detta är expanderings av spannmål till idisslare för att öka andelen våmstabil protein. Extruderad spannmål till gris har resulterat i högre proteinsmältbarhet och bättre foderutnyttjande. För samtliga behandlingar gäller att det är ekonomin som styr i slutändan, nyttan av behandlingen måste vara större än ökningen i produktionskostnad för att det ska vara försvarbart att använda metoden kommersiellt.

## Abstract

Concentrate feed for food producing animals usually consists of between 50% and 80% cereals. Cereals are viewed primarily as a source of energy but it also adds a significant amount of crude protein to the diet. The need to use imported soya meal with documented negative environmental effects can be reduced by using domestic grain with high crude protein content. Crude protein content in grain is governed by rainfall during the growing season, dry weather results in lower yields and more protein in the grain compared to wet years when the yield increases but the crude protein content in the grain is lower. To fertilize with maximum amount of nitrogen divided into two rations gives higher crude protein content than merely distribute the whole amount on one occasion. For some species it may be appropriate to treat cereals in order to increase the utilization rate. An example of this is the expansion of grain to ruminants that increases the proportion of rumen undegraded dietary protein. Extruded cereal to pigs results in higher protein digestibility and improved feed efficiency. For all treatments applies that in the end it is the economy that control, the benefits of treatment must be greater than the increase in production costs for it to be feasible to use the method commercially.

## Introduktion

Spannmål utgör den största komponenten i kraftfoder till livsmedelsproducerande djur i Sverige. En tredjedel (984 500 hektar) av Sveriges åkerareal används till spannmålsodling varav vete utgör 326 300 ha, korn 392 600 ha och havre 200 600 hektar (Jordbruksstatistik årsbok, 2014). Spannmål utgör vanligen mellan 50 % och 80 % i kraftfodret till fjäderfä, gris och nöt och av den totala produktionen av kraftfoder till livsmedelsproducerande djur på foderfabriker (1 721 000 ton) utgjordes 855 000 ton av spannmål där vete utgjorde den största andelen med 382 000 ton, följt av korn med 133 000 ton, rågvete 61 000 ton och havre med knappt 70 000 ton (Jordbruksverket, 2015). Spannmål utgör således ca 50 % av kraftfodret som tillverkas i

foderfabriker till idisslare, gris och fjäderfä och 98 % av den är producerad i Sverige. Utöver denna mängd kommer all spannmål som odlas för direkt konsumtion av djuren antingen som hemmaodlad eller som handlas mellan växtodlingsgårdar och djurgårdar utan att passera foderhandeln. Dessa gårdar utfodrar vanligtvis spannmålen tillsammans med ett proteinkoncentrat från foderfabrik.

Spannmålen ses främst som ett energifodermedel men tack vare den höga inblandningsprocenten i svenska foderstater tillför spannmål även en betydande andel råprotein. Ett exempel på detta är att spannmål anses täcka ca 50 % av råproteinbehov i foderstater för värphöns och ca 40 % för slaktkyckling (Elwinger, 2013). I dagens rådande debatt i livsmedelssektorn om klimat, hållbarhet och säkerhet avseende sjukdomar och genmodifierade grödor (GMO) i foder ligger Sverige i framkant. I Sverige har branschen tagit avstånd från GMO-råvaror vilket utgör ett hinder för import av både råvaror och foderblandningar eftersom i övriga EU är GMO-råvaror så som sojamjöl frekvent förekommande. Vid import av färdigfoder och råvaror så som raps- och sojamjöl kontrolleras varje enskilt parti med avseende på förekomst av salmonella (Jordbruksverket, 2011). Trots dessa försvårande omständigheter och det faktum att sojaodlingen i bland annat Brasilien har flera negativa miljöeffekter användes drygt 200 000 ton sojaprodukter i kraftfoderblandningar till livsmedelsproducerande djur 2014 (Jordbruksverket 2014). Användningen av sojaprodukter minskade dock med 20 % från 2008 till 2014 (Jordbruksverket, 2010), men det skulle kunna minskas ytterligare om det inhemska spannmålsprotein utnyttjades för att i möjligaste mån täcka behovet av råprotein och aminosyror i våra produktionsdjurs foderstater.

Syftet med detta arbete är att ta reda på hur innehållet av råprotein och aminosyror per kg spannmål varierar mellan år och partier av samma spannmålsslag. Hur stor betydelse variationen har för hur väl spannmålsgivan bidrar till att täcka behovet av råprotein och aminosyror i en foderstat och vilken inverkan det har på foderstaten i sin helhet. I frågeställningen ingår även hur behandling av spannmål kan ha effekt på proteinets och aminosyrornas utnyttjandegrad hos olika djurslag.

## **Proteininnehåll i svensk spannmål**

Det finns många faktorer som påverkar råproteinhalten i spannmål. Sortvalet kan påverka men det är olika miljömässiga faktorer som till största del står för variationen (Holmes & Burrows, 1976). Jordmån och vilket år grödan är odlad spelar en viktig roll. Årsmånen påverkar bland annat odlingssäsongens längd, temperatur och nederbörd. Råproteinhalten per kg spannmål ökar med mängden kväve som tillförs via gödsling, att dela kvävegivan och gödsla två gånger ger högre råproteininnehåll än att ge en stor giva i tidigt växtstadium. Detta eftersom den sena givan ger kväve för inlagring av protein i kärnan till skillnad från tidig gödsling som bidrar till ökad avkastning i ton per hektar. Under torra år minskar produktionen av kolhydrater i stråsåden vilket leder till lägre kornvikt, detta har dock positiv inverkan på råproteinhalten i spannmålen eftersom mer kväve finns kvar till ansättning kärnprotein när grödan har uppfyllt sitt behov av

kväve för avkastning. Under regniga år då stråsäden växer bra och har god avkastning i ton per hektar men låg råproteinhalt kan det därför vara särskilt befogat att använda maximal kvävegiva som delas upp på två spridningstillfällen för att säkra upp råproteininnehållet i kärnan (Woodard och Bly, 1998). Förädlingen av spannmålsgrödor försvåras på grund av det negativa genetiska samband som föreligger mellan spannmålens avkastning och proteinhalt, förädlas spannmålen mot högre avkastning sjunker råproteinhalten i kärnan och förädlas stråsäden mot högre råproteininnehåll i kärnan minskar hektarskorde (Simmonds, 1995).

Den variation som blir resultatet åskådliggörs i tabell 1 där råproteinhalten i korn, vete, havre och rågvete sammanfattade i tre regioner i Sverige under 4 år illustreras (Svenska Foder AB, 2016a). I tabell 2, 3, 4 och 5 redovisas resultatet av 298 analyser av råprotein och aminosyror i spannmålen korn, vete och rågvete från odlingsåren 2013-2015 (Svenska Foder AB, 2016b). Man kan se att det funnits kornpartier med proteinhalt från 8,3 % till 13,7 % av torrs substans (ts) och att lysinhalten i vete har varierat mellan 2,3 g och 4,2 g per kg ts.

Tabell 1. Råproteinhalt i % av kg ts för korn, vete, havre och rågvete i tre regioner från 2012 till 2015 (Svenska Foder AB, 2016a )

		<i>Syd</i>	<i>Väst</i>	<i>Öst</i>	<i>Medeltal</i>
<b>Korn</b>	2012	10,3	9,2	10,5	10,0
	2013	11	10,2	10,8	10,7
	2014	10,9	10,6	10,7	10,7
	2015	10,1	9,8	10,4	10,1
	<i>Medeltal (sd)</i>	<i>10,6 (0,44)</i>	<i>10,0 (0,66)</i>	<i>10,6 (0,18)</i>	<i>10,4 (0,38)</i>
<b>Vete</b>	2012	11,7	11,8	11,8	11,8
	2013	12,4	13,0	12,8	12,7
	2014	11,0	12,1	11,4	11,5
	2015	10,5	10,6	10,6	10,6
	<i>Medeltal (sd)</i>	<i>11,4 (0,83)</i>	<i>11,9 (0,99)</i>	<i>11,7 (0,91)</i>	<i>11,7 (0,89)</i>
<b>Havre</b>	2012	9,9	9,4	10,0	9,8
	2013	11,5	10,5	10,8	10,9
	2014	11,4	11,3	10,8	11,2
	2015	10,4	10,0	9,9	10,1
	<i>Medeltal (sd)</i>	<i>10,8 (0,78)</i>	<i>10,3 (0,80)</i>	<i>10,4 (0,49)</i>	<i>10,5 (0,67)</i>
<b>Rågvete</b>	2012	10,7	11,2	10,4	10,8
	2013	11,4	11,5	11,7	11,5
	2014	10,5	10,4	10,5	10,5
	2015	11,2	10,6	10,8	10,9
	<i>Medeltal (sd)</i>	<i>11,0 (0,42)</i>	<i>10,9 (0,51)</i>	<i>10,9 (0,59)</i>	<i>10,9 (0,45)</i>

Tabell 2. Råproteinhalt i % av kg ts för korn, vete och rågvete under åren 2013 till 2015 (Svenska Foder AB, 2016b)

		<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Korn</b>	N	24	27	18
	Medeltal (sd)	10,4 (0,70)	10,8 (0,89)	10,0 (0,85)
	Min	8,9	9,1	8,3
	Max	11,6	13,7	11,7
<b>Vete</b>	N	36	122	36
	Medeltal (sd)	12,0 (1,09)	11,8 (1,08)	10,8 (0,50)
	Min	10,6	9,5	9,7
	Max	14,3	16,0	12,5
<b>Rågvete</b>	N	9	10	16
	Medeltal (sd)	11,0 (0,58)	10,6 (0,64)	10,7 (0,53)
	Min	10,3	9,8	10,1
	Max	11,9	11,9	11,4

Tabell 3. Lysinhalt i g per kg ts för korn, vete och rågvete under åren 2013 till 2015 (Svenska Foder AB, 2016b)

		<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Korn</b>	N	24	27	18
	Medeltal (sd)	3,8 (0,17)	4,0 (0,24)	4,0 (0,25)
	Min	3,4	3,7	3,6
	Max	4,2	4,9	4,6
<b>Vete</b>	N	36	122	36
	Medeltal (sd)	3,4 (0,26)	3,5 (0,18)	3,2 (0,09)
	Min	2,3	3,0	3,1
	Max	3,8	4,2	3,5
<b>Rågvete</b>	N	9	10	16
	Medeltal (sd)	3,6 (0,36)	3,6 (0,13)	3,7 (0,17)
	Min	2,8	3,4	3,5
	Max	3,9	3,9	4,0

Tabell 4. Metioninhalt i g per kg ts för korn, vete och rågvete under åren 2013 till 2015 (Svenska Foder AB, 2016b)

		<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Korn</b>	N	24	27	18
	Medeltal (sd)	1,7 (0,10)	1,8 (0,14)	1,6 (0,15)
	Min	1,5	1,5	1,4
	Max	1,9	2,1	2,0
<b>Vete</b>	N	36	122	36
	Medeltal (sd)	1,8 (0,14)	1,8 (0,13)	1,6 (0,07)
	Min	1,5	1,5	1,5
	Max	2,1	2,3	1,9
<b>Rågvete</b>	N	9	10	16
	Medeltal (sd)	1,7 (0,11)	1,6 (0,11)	1,7 (0,11)
	Min	1,5	1,5	1,6
	Max	1,8	1,8	1,9

Tabell 5. Treoninhalt i g per kg ts för korn, vete och rågvete under åren 2013 till 2015 (Svenska Foder AB, 2016b)

		<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Korn</b>	N	24	27	18
	Medeltal (sd)	3,4 (0,21)	3,6 (0,30)	3,3 (0,63)
	Min	3,0	3,2	1,2
	Max	4,0	4,6	4,2
<b>Vete</b>	N	36	122	36
	Medeltal (sd)	3,4 (0,24)	3,3 (0,21)	3,2 (0,11)
	Min	3,0	2,7	3,0
	Max	3,9	4,2	3,5
<b>Rågvete</b>	N	9	10	16
	Medeltal (sd)	3,4 (0,24)	3,2 (0,25)	3,3 (0,21)
	Min	3,0	2,6	2,9
	Max	3,7	3,6	3,6

## Behandling av spannmålsprotein

Det finns ett flertal typer av behandlingar som syftar till att ändra smältbarheten i spannmål och andra fodermedel. Här nedan följer några metoder som kan nyttjas för att påverka proteinets smältbarhet i spannmål, syftet med behandlingen beror på vilket djurslag fodret är avsett för.

## Idisslare

Det är unikt för idisslare att även icke-proteinkväve kan användas i proteinsyntesen tack vare våmmikroberna. I våmmen bryts den största delen av foderproteinet ned till peptider, aminosyror och ammoniumkväve som tas upp av mikroorganismer där det utnyttjas för bildande av mikrobprotein. Mikrobproteinet tas sedan upp i tunntarmen och är en viktig del i idisslarens proteinförsörjning vid underhåll och lägre avkastning, men till djur som är högproducerande producerande räcker ej proteinet som producerats av mikroorganismerna för att täcka behovet. Genom att öka mängden våmstabil protein i foderstaten är det möjligt att tillgodose även högavkastande djurs behov av aminosyror, eftersom detta protein tas upp i tunntarmen utan föregående omvandling av mikroberna (Sjaastad *et al.*, 2010).

Andelen våmnedbrytbart råprotein (EPD) bör sänkas för att öka fodermedlets andel våmstabil råprotein och således erhålla ett högre värde av aminosyror absorberade i tunntarmen (AAT) (Prestløkken, 1999a). Ett sätt att mäta fodrets nedbrytning i våmmen är *in sacco*-metoden som går ut på att placera små finporiga påsar innehållandes en liten mängd finmalt foder i våmmen via en våmfistel under olika inkubationstider. Från den erhållna andelen nedbrutet foder skattas den effektiva torrsubstansdegraderingen (EDMD) linjärt med hjälp av en formel som tar hänsyn till bland annat passagehastighet, fraktion av icke nedbrutet foder och andel långsamt- respektive snabbt degraderat innehåll. Nedbrytningsgraden av råprotein antas vara likvärdig med nedbrytningsgraden av fodrets totala torrsubstansinnehåll, har fodret EDMD-värdet 70 så förväntas alltså även EPD att vara 70 (Nozière & Michalet-Doreau, 2000).

## Expanderings

Expanderings är en metod som bygger på att fodret behandlas med hjälp av högt tryck, värme och vattenånga i en spiralformad skruvpress. I processen hettas fodret upp till hög temperatur under kort tid, oftast 2-10 sekunder och temperaturen ligger vanligtvis mellan 90-130°C, vattenhalten bör vara 16-18 % under processen (Prestløkken, 2016). När materialet har kommit genom skruvpressen och kommer ut via den ställbara ringformade öppningen sjunker trycket snabbt till atmosfäriskt tryck och detta i kombination med spontan vattenavdunstning ger expanderings av fodret och en snabb sänkning av temperatur (Fancher *et al.*, 1996). Expanderings av foder leder till bättre pellets-kvalitet och att råvaror så som fett och kvarnbiprodukter vars användning vanligtvis begränsas av dess negativa inverkan på pellets-kvalitet kan användas i större utsträckning. Behandlingen gör att hastigheten på fodertillverkningen kan ökas och den mjukare konsistensen på foder-materialet som erhålls vid expanderings leder till minskat slitage på pellets-matrisen (Fancher *et al.*, 1996).

Försök av Prestløkken (1999a; 1999b) visar att expanderings av korn och havre sänker EPD-värdet och förskjuter proteinnedbrytningen från våmmen till tunntarmen utan att värmen skadar aminosyror, eftersom ingen ökning av osmältbara aminosyror erhöles. Aminosyror, i synnerhet lysin har en benägenhet att under upphettning reagera med reducerande socker och bilda så kallade Maillard-föreningar vilket reducerar tillgängligheten (Broderick *et al.*, 1991).



Ett utfodringsförsök på mjölkcor visade signifikant ökning av den producerade mängden energikorrigerad mjölk (ECM) under utfodring med kraftfoder innehållande 79,7 % korn som blivit expanderat före pelletering jämfört med samma foderblandning som endast pelleterats. Även koncentrationen av protein i mjölken var signifikant högre vid utfodring av expanderat koncentrat, enligt författarna Prestløkken och Harstad (2001) kunde ökningen av mjölmängd och proteinhalt bero på ökat upptag av aminosyror i tunntarmen.

### **Xylos**

Andelen våmstabil protein i vete och korn kan ökas genom xylosbehandling av spannmålen. Metoden bygger på att tillsätta ligninsulfonatlösning och ånga till spannmålen, Beninghoff *et al.* (2015) använde en temperatur på 105°C som hölls konstant under 40 minuter. Värmen bidrar till bildandet av komplex mellan socker och aminosyror (Maillardföreningar) vilket sänker nedbrytningshastigheten av råprotein och stärkelse i våmmen (Beninghoff *et al.*, 2015). Maillardföreningar kan skydda protein mot nedbrytning i våmmen vilket är positivt om högre andel våmstabil protein önskas. Dock kan Maillardföreningarna vara så starka att aminosyrorna förblir otillgängliga även i tunntarmen. Hos vete har en ökning av andelen icke våmlösligt råprotein av totala andelen råprotein med 51 % iakttagits till följd av xylosbehandling, hos korn är motsvarande siffra 48 % (Beninghoff *et al.*, 2015). Detta motsvarar en sänkning i EPD-värde från 72 till 42 i xylosbehandlad vete och från 75 till 52 i xylosbehandlat korn, (Beninghoff *et al.*, 2015). Emellertid kollade inte forskarna på huruvida aminosyrornas tillgänglighet i tunntarmen påverkades av behandlingen.

### **Enkelmagade**

När det gäller enkelmagade djur så som gris och fjäderfä är däremot syftet med behandling av spannmål att öka råproteinets och aminosyrornas smältbarhet och biotillgänglighet och på så vis förhoppningsvis kunna minska behovet av proteinfodermedel och syntetiska aminosyror. För grisfoder används rutinmässigt den ileala smältbarheten (ID) korrigerad för basala endogena förluster för att få fram den standardiserade ileala smältbarheten (SID) som i sin tur kan användas för att kalkylera aminosyrornas biotillgänglighet (Stein *et al.*, 2007). En T-formad fistelingång kan opereras in i *ileum* för att möjliggöra provtagning av ileal digesta från levande grisar som i studien av Brestenský *et al.* (2013). Vid bestämning av aminosyratillgänglighet hos fjäderfä bestäms först smältbarheten som kan ges av exkretanalys vilken utvecklades Kuiken och Lyman (1948). Denna metod har fått en del kritik av bland annat Payne *et al.* (1968) för att den inte tar hänsyn till eventuella aminosyror från mikrobiell aktivitet i tjocktarmen. Istället kan den ileala smältbarheten användas vilket först föreslogs av Payne *et al.* (1968). För att kunna erhålla digesta från *ileum* hos fjäderfä avlivas djuren före provtagning vilket till exempel skedde i försöket av Ravindran *et al.* (1999) eller genom ileal fistel (Brestenský *et al.* 2013).

### **Extrudering**

Extrudering är en metod som i vissa avseenden liknar expanderingsmen det finns avgörande skillnader, extrudering sker oftast under högre tryck och temperatur än expanderingsmen.

Temperaturen varierar från 80°C till 200°C och tiden för processen är 10-150 sekunder (Prestløkken, u.å.). Fodret pressas ut genom en fast matris till skillnad från expanderings där öppningen är ställbar (Fancher *et al.*, 1996). Produktionskapaciteten är vanligtvis inte lika hög som vid expanderings och eftersom vattenhalten i materialet justeras inför proceduren och kan uppgå till 25-30 % före behandling så krävs ofta en torkningsanläggning efter extruderskruven och det i kombination med den lägre kapaciteten gör att produktionskostnaden ökar i jämförelse med expanderings (Prestløkken, 2016).

Eftersom extrudering vanligtvis sker under högre temperatur och tryck än expanderings som ovan nämnt bör risken för bildandet av Maillardprodukter tas i särskilt beaktande. Lysinförluster på upp till 37 % har setts i vetemjöl extruderat med en masstemperatur på 171°C och skruvhastighet på 200 varv per minut jämfört med rått material (Björck *et al.*, 1984).

Extrudering av vetebaserat foder till smågrisar har lett till ökad smältbarhet av protein och bättre foderutnyttjande (Lundblad *et al.*, 2011). Extruderat korn till växande grisar har resulterat i högre proteinsmältbarhet, vilket föreslås bero på reduktion av lipid-protein och stärkelse-protein komplex (Sun *et al.*, 2006). Försök med slaktkyckling har inte givit lika positiva resultat. Smältbarheten av protein och stärkelse i extruderat vete och korn var inte högre än för icke behandlat, men smältbarheten för fettsyror var större vilket ledde till högre energiinnehåll i den behandlade spannmålen (Plavnik & Sklan, 1995). Vranjes och Wenk (1995) visade däremot lägre smältbarhet och energiinnehåll hos extruderat korn än obehandlat, särskilt fettnedbrytningen var negativt påverkad, antagligen på grund av det extruderade fodrets större viskositet. Reduceringen i foderutnyttjande ledde till ökad konsumtion och tack vare det höll kycklingarna samma tillväxthastighet som kontrollgruppen som utfodrades med obehandlat korn (Vranjes & Wenk, 1995).

## **Enzymer**

Icke-stärkelse polysackarider (NSP) så som arabinoxylaner i vete, råg och rågvete och  $\beta$ -glukaner i korn och havre är kända för att skapa foderrelaterade problem hos fjäderfä och smågris. Ökad viskositet hos tarminnehållet och sämre utnyttjande av näringsämnen så som protein har observerats (Bedford & Shulze, 1998). Extrudering av korn ökar andelen lösliga fibrer och fodrets viskositet, innehållet av  $\beta$ -glukan ändras inte i förhållande till icke extruderat korn men endogent  $\beta$ -glukanas kan förstöras i processen. Tillsats av  $\beta$ -glukanas har således större positiv effekt på foderutnyttjande av extruderat korn än obehandlat (Vranjes & Wenk, 1995). Fytas tillsätts främst i foder för att göra spannmålets fosforinnehåll, som till stor del är bunden i fytinsyra, tillgänglig för absorption. Fytinsyra kan emellertid även inhibera pepsin- och trypsinaktiviteten, vilket leder till försämrad smältbarhet av protein (Bedford & Shulze, 1998). Även endogent fytas i spannmålen kan förstöras med bearbetning med värme eller ånga, varför exogent fytas kan vara särskilt befogat i dessa foderstater för att bibehålla näringsämnenas smältbarhet (Bedford & Shulze, 1998).

## Spannmålsproteinets betydelse för olika djurslag

I en exempelfoderblandning för slaktgris 30-60 kg baserad på 45 % vete och 10 % korn (Ramberg, 2016) täcks behovet av råprotein till 32 % enbart av spannmålen. Motsvarande siffror för aminosyror är; lysin 17 %, metionin 30 % och treonin 29 %. Dessa siffror är beräknade med hjälp av tabellvärdet för korn (SLU, 2016). Om värdena byts ut mot det parti med lägst innehåll av råprotein som observerats i aktuellt datamaterial (tabell 2) och dess aminosyraprofil (tabell 3, 4 & 5) för korn sker följande; behovet av råprotein täcks endast till 25 %, lysin 15 %, metionin 23 % och treonin 21 %. Byts värdena för korn till det parti med högsta observerade råproteinhalt (tabell 2) och dess aminosyraprofil (tabell 3, 4 & 5) för korn i detta material täcks behovet av råprotein till 41 %, lysin 21 %, metionin 37 % och treonin 29 %. En blandningssats om 100 kg baserad på 45 kg vete med låg proteinhalt och 10 kg korn med låg proteinhalt behöver kompletteras med 6,5 kg sojamjöl för att uppnå samma råproteinhalt som 45 kg vete hög tillsammans med 10 kg korn hög.

En typisk foderstat för värphöns kan förväntas innehålla 50 % vete och 10 % havre (Carlsson, 2016). Om tabellvärdena (SLU, 2016) för vete och havre används i beräkningen täcker spannmålen 39 % av råproteinbehovet, lysin 25 %, metionin 28 % och treonin 48 %. Används det parti med lägsta halten råprotein (tabell 2) och dess aminosyraprofil för vete och lägsta halten råprotein i havre uppfylls behovet av råprotein enbart till 31 %, lysin 23 %, metionin 22 % och treonin 38 %. Vid bruk av de högsta värdena täcks 50 % av råproteinbehovet med spannmålen, lysin 30 %, metionin 33 % och treonin 48 %. Dessa lägsta och högsta halter av råprotein och aminosyror i vete är hämtade ur datamaterialet som tabell 2, 3, 4 och 5 bygger på. För havre är regionsmedelvärden hämtade i tabell 1, observera att inga observationer för aminosyror fanns tillgängliga varvid samma tabellvärden för havrens aminosyror behövs i alla tre beräkningar. I en foderblandning om 100 kg baserad på 50 kg vete med låg proteinhalt och 10 kg havre med låg proteinhalt behöver kompletteras med 6 kg sojamjöl för att uppnå samma råproteinhalt som 50 kg vete hög tillsammans med 10 kg havre hög.

Ett vanligt färdigfoder till mjölkkor kan innehålla 20 % vete och 12 % korn (Ramberg, 2016) beräknas råproteinhalten vara 18 % per kg foder. Används tabellvärden (Spörndly, 2003) utgörs 19 % av blandningens råproteininnehåll av spannmålsprotein. Om värdena byts ut mot det parti med lägst innehåll av råprotein som observerats i aktuellt datamaterial för vete och korn (tabell 2) erhålls enbart 14 % av råproteinet från spannmål. Motsvarande siffra om de högsta råproteinvärdena som observerats i aktuellt datamaterial för vete och korn (tabell 2) används är att drygt 23 % av råproteinet kommer från spannmålen. En blandningssats om 100 kg baserad på 20 kg vete med låg proteinhalt och 12 kg korn med låg proteinhalt skulle behöva kompletteras med knappt 4 kg sojamjöl för att uppnå samma nivå råprotein som 20 kg vete hög och 12 kg korn hög. Det är enligt försök möjligt att sänka EPD-värdet med 30 % för korn och 29 % för havre genom expanderings (Prestløkken, 1999b). Med tabellvärden (Spörndly, 2003) som utgångspunkt innebär det för korn en sänkning från 78 till 54,6 i EPD. Förutsatt att övriga beräkningsparametrar behåller samma värden så innebär expanderings att korns AAT-värde

ökar från 90 g per kg ts till 107 g per kg ts. För havre innebär en sänkning av EPD-värdet från 86 till 61,1 vilket resulterar i att AAT-värdet ökar från 67 g per kg ts till 84 g per kg ts.

## Diskussion

Att odlingsår och jordmån påverkar spannmålen är fastställt i litteraturen och detta åskådliggörs även i tabell 1 där variation mellan odlingsår och region illustreras. Tabell 1 och 2 antyder att råproteinhalten var lägre för korn, vete och havre under 2012 och 2015. Detta skulle delvis kunna förklaras av stor mängd nederbörd under växtsäsongerna 2012 och 2015 jämfört med de andra observerade åren. Woodard och Bly (1998) beskriver att regnig växtsäsong ger hög skörd av stråsäd men att råproteinhalten i kärnan blir lägre. Det hade även varit intressant att veta hur stor andel spannmål avsedd för human konsumtion, främst brödvete och grynshavre, som gick till foder på grund av låg proteinhalt under de observerade åren. Med tanke på den negativa genetiska korrelationen mellan avkastning och råproteinhalt (Simmonds, 1995) kan det tänkas vara svårt att växtförädla stråsäd mot högre råproteinhalt utan att tappa totalekonomin genom sänkt avkastning. För framtiden i ett föränderligt klimat vore det intressant att jämföra kvävegödslingsstrategier mellan partier för att se dess inverkan på råproteinhalten, samt att utvärdera om delad maximal kvävegiva som föreslås av Woodard och Bly (1998) är en god strategi i det svenska lantbruket för att säkra stråsädens råproteinhalt under blöta år.

När det gäller spannmål till idisslare verkar expanderings vara en lovande behandlingsmetod. Detta eftersom upprepade *in vivo* försök har resulterat i sänkt EPD-värde hos havre och korn till följd av expanderings, utan att erhålla sänkt aminosyratillgänglighet på grund av Maillardföreningar (Prestløkken 1999a; 1999b). Vilken betydelse expanderad spannmål skulle kunna ha i praktisk utfodring på gårdsnivå är svårt att säga, att ökad mjölmängd och proteinhalt har erhållits i jämförelse med obehandlad spannmål (Prestløkken & Harstad, 2001) talar givetvis för expanderings. Däremot skulle branschen behöva se över om merkostnaden för expanderings är försvarlig i förhållande till fördelarna, finns det en totalekonomisk vinning i att expandera spannmål så tror jag att det kan vara en mycket användbar metod för att maximera utnyttjandet av vår inhemska spannmål. De fakta som Fancher *et al.* (1996) beskriver angående ökad kapaciteten i fodertillverkningen per timme, minskat slitage på pelletsmatriser och ökad flexibilitet vid val av råvaror vid användning av expanderings är faktorer som är positiva för foderproduktionen och prisbilden.

Xylosbehandling av spannmål ser ut att vara en fördelaktig metod då andelen våmstabil råprotein ökar omkring 50 % hos vete och korn till följd av behandling, men Beninghoff *et al.* (2015) anger att detta beror på bildandet av Maillardföreningar. Med tanke på att aminosyrornas tillgänglighet i tunntarmen ej studerades i försöket av Beninghoff *et al.* (2015) och att liknande studier i ämnet saknas så bedömer jag i dagsläget att det är en osäker metod. Fler försök skulle behöva genomföras där man även ser till huruvida aminosyrorna och absorptionen i tunntarmen påverkas av Maillardföreningarna.

Till smågrisar och växande grisar har extrudering av spannmål gett bättre proteinsmältbarhet (Lundblad *et al.*, 2011; Sun *et al.*, 2006). Sun *et al.* (2006) föreslår att förbättringen jämfört med

obehandlad spannmål beror på reducering av lipid-protein och stärkelse-protein komplex, dock bör man vara vaksam när det gäller risken för bildandet av Maillardföreningar. Försök som Björck *et al.* (1984) bör ligga till grunden för val av behandlingsintensitet när det gäller faktorer så som temperatur och varvtal. Om extrudering används i kommersiell behandling av spannmål så vore det av yttersta vikt att använda ett kontrollsystem som varnar om temperaturen i processen stigit utöver det vanliga och att utföra regelbundna kontroller, allt för att undvika att foder med otillgängliga aminosyror når marknaden.

Utfodringsförsök med extruderad spannmål till slaktkyckling har inte givit några positiva resultat på proteinnedbrytningen, Vranjes & Wenk (1995) trodde att det sämre foderutnyttjandet berodde på det behandlade fodrets ökade viskositet. Detta påstående stärks av Bedford & Shulze (1998) som också varslar om sämre foderutnyttjande och proteintillgänglighet till följd av ökad viskositet i tarmen. Som en åtgärd för att erhålla bättre nyttjandegrad av extruderad spannmål så har  $\beta$ -glukanas tillsats för att ersätta det endogena enzym som förstörs i processen (Vranjes & Wenk 1995). Jag ser i dagsläget ingen användning för extruderad spannmål till slaktkyckling på grund av oförändrad (Plavnik & Sklan, 1995) eller försämrade nedbrytning av protein (Vranjes & Wenk, 1995). Min åsikt är att det inte är försvarbart ur ekonomisk synvinkel att förstöra enzymer i en kostsam process (Prestløkken, 2016) som ändå inte visar på några fördelaktiga resultat för djurslaget, för att sedan tillsätta dessa enzym exogent. Fortsatt forskning på extruderad spannmål till värphöns skulle vara av intresse för att se om det kan vara fördelaktigt till lite äldre djur.

Tillsats av fytas är särskilt befogat vid utfodring av processad spannmål (Bedford & Shulze, 1998) men jag tror att det ligger helt rätt i tiden att använda fytas i större utsträckning till alla spannmålsbaserade foderstater avsedda för enkelmagade produktionsdjur. Det som ligger till grund för mitt resonemang är dels det faktum att ta tillvara på spannmålens fosforinnehåll men också att öka proteinutnyttjandet genom att reducera fytinsyrans inhibering av pepsin- och trypsinaktiviteten (Bedford & Shulze, 1998).

I exempelfoderstaterna under avsnittet *Spannmålsproteinets betydelse för olika djurslag* illustreras den praktiska betydelsen av spannmålens variation av råprotein och aminosyror. Det framgår att andelen råprotein från spannmål kan skilja från 25% till 41% i slaktgrisfoder, 31% till 50% i värphönsfoder och 14% till 23% i kraftfoder till mjölkcor. Observera att slaktgris- och värphönsfoder avser enda foderblandning som är tänkt att ingå som enda foder i foderstaten till skillnad från kraftfoder till mjölkcor avser kraftfoderblandning som tillsammans med grovfoder ger en komplett foderstat. Andelen sojamjöl eller annat proteinfodermedel i blandningarna kan minskas vid användning av spannmål med höga värden jämfört vid användning av partier med låga värden, vilket kan tänkas vara en viktig ekonomisk aspekt vid foderoptimering. Spannmålen kan nyttjas till högre grad och behovet av importerade råvaror som till exempel sojamjöl minskar, men å andra sidan har långt ifrån alla spannmålspartier så höga råproteinvärden och det måste finnas en avsättning även för partierna med låga värden. Gällande innehållet av aminosyror verkar det generellt spegla innehållet av råprotein, det vill

säga ju högre % råprotein desto högre innehåll av lysin, metionin och treonin i gram per kg ts. Ur ett gårdsperspektiv anser jag att tabell 1 och 2 tillsammans med exempelfoderblandningarna tydligt visar vikten av att analysera sin spannmål på gårdsnivå och inte utgå från tabellvärden i sin foderstatsplanering.

## Referenser

- Bedford, M. R. & Shulze, H. (1998). Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutrition Research Reviews*, 11, 91–114.
- Benninghoff, J., Paschke-Beese, M., Südekum, K.-H. (2015) In situ and in vitro ruminal degradation of maize grain and untreated or xylose-treated wheat, barley and rye grains. *Animal Feed Science and Technology* 210, 86–93.
- Björck, I., Asp, N.-G. & Dahlquist, A. (1984). Protein Nutritional Value of Extrusion-Cooked Wheat Flours. *Food Chemistry* 15, 203–214.
- Brestenský, M., Nitrayová, S., Patrás, P., Heger, J. (2013). Standardized ileal digestibilities of amino acids and nitrogen in rye, barley, soybean meal, malt sprouts, sorghum, wheat germ and broken rice fed to growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 186, 120–124
- Broderick, G.A., Wallace, R.J., Ørskov, E.R., 1991. Control of rate and extent of protein degradation. In: Tsuda, T., Sasaki, Y., Kawashima, R. (Eds.), *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Academic Press, San Diego, 541–592.
- Carlsson, Å., (2016). Svenska Foder AB, Lidköping, Sverige. Muntlig referens 2016-04-15.
- Elwinger, K. (2013). Fodermedel och foder till värphöns och slaktkycklingar. Institutionen för husdjurens utfodring och vård. [http://www.slu.se/Documents/externwebben/vh-fak/husdjurens-utfodring-och-varld/Fagel/FODERMEDEL\\_till\\_varphons\\_o\\_slaktkycklingar\\_mars2013.pdf](http://www.slu.se/Documents/externwebben/vh-fak/husdjurens-utfodring-och-varld/Fagel/FODERMEDEL_till_varphons_o_slaktkycklingar_mars2013.pdf) [Tillgänglig: 2016-04-16]
- Fancher, B. I., Rollins, D. & Trimbee, B. (1996). Feed processing using the annular gap expander and its impact on poultry performance. *J. Appl. Poultry Res.*, 5, 386–384.
- Holmes, D. P. & Burrows, V. D. (1976). Development of a seedling screening for predicting relative grain protein content in oats. *Euphytica*, 25, 51–64.
- Jordbruksstatistisk årsbok 2014. Jordbruksverket. Sveriges officiella statistik, SCB-tryck. Örebro 2014. <http://www.jordbruksverket.se/omjordbruksverket/statistik/jordbruksstatistiksammanstallning/jordbruksstatistiskarsbok2014.4.37e9ac46144f41921cd21b7b.html> [Tillgänglig: 2016-04-10]
- Jordbruksverket, (2010). *Jordbruksverkets foderkontroll 2009*. [http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_rapporter/ra10\\_23.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra10_23.pdf) [Tillgänglig: 2016-04-20]
- Jordbruksverket (2014-09-29). *Miljöeffekter av soja*. <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/konsument/miljoochklimate/miljoeffekteravsoja.4.5125de613acf69a0f680001623.html> [Tillgänglig: 2016-04-16]
- Jordbruksverket, (2015). Foderstatistik 2014. Dokument daterade 2015-12-14 erhållna av Klara Eskilsson, foderhandläggare, Jordbruksverket.
- Kuiken, K.A. & Lyman, C.M. (1948) Availability of amino acids in some foods. *Journal of Nutrition*, 36, 359–368.
- Lundblad, K. K., Issa, S., Hancock, J. D., Behnke, K. C., McKinney, L. J., Alavi, S., Prestløkken, E., Fledderus, J. & Sørensen, M. (2011). Effects of steam conditioning at low and high temperature, expander conditioning and extruder processing prior to pelleting on growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs and broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 169, 208–217.

- Nozière, P. & Michalet-Doreau, B. (2000). In sacco methods. In: D'Mello, J.P.F. (ed.), *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Edinburgh: CABI Publishing, 233–253.
- Payne, W.L., Combs, G.F., Kifer, R.R. & Snyder, D.G. (1968) Investigation of protein quality—ileal recovery of amino acids. *Federation Proceedings*, 27, 1199–1203.
- Plavnik, I. & Sklan, D. (1995) Nutritional effects of expansion and short time extrusion on feeds for broilers. *Animal Feed Science and Technology* 55, 247–251.
- Prestløkken, E. (1999a). In situ ruminal degradation and intestinal digestibility of dry matter and protein in expanded feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*, 77, 1–23.
- Prestløkken, E. (1999b). Ruminal degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in barley and oats expander-treated at various intensities. *Animal Feed Science and Technology*, 82, 157–175.
- Prestløkken, E. & Harstad, O. M. (2001). Effects of expander-treating a barley-based concentrate on ruminal fermentation, bacterial N synthesis, escape of dietary N, and performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 90, 227–246.
- Prestløkken, E. (2016) Expander treatment. HFE 305 Feed Manufacturing Technology. Felleskjøpet Fôrutvikling. [http://www.umb.no/statisk/iha/kurs/nova/feed\\_technology/4.pdf](http://www.umb.no/statisk/iha/kurs/nova/feed_technology/4.pdf) [Tillgänglig: 2016-04-16]
- Ramberg, K., (2016). Svenska Foder AB, Lidköping, Sverige. Muntlig referens 2016-04-22.
- Ranvindran, V., Hew, L. I., Ranvindran, G. & Bryden, L. (1999). A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. *British Poultry Science*, 40, 266–274.
- Simmonds, N. W. (1995). The Relation Between Yield and Protein in Cereal Grain. *J Sci Food Agric*, 67, 309–315.
- Sjaastad, Ø. V., Sand, O. & Hove, K., 2010. *Physiology of Domestic Animals*. 2nd ed. Oslo: Scandinavian Veterinary Press.
- SLU (2016). *Fodertabell för gris*. <http://www.slu.se/sv/institutioner/husdjurens-utfodring-var/verktyg/fodertabeller/fodertabell-for-gris/> [Tillgänglig: 2016-04-18]
- Spörndly, R. (2003). *Fodertabeller för idisslare*. Uppsala: SLU. (Husdjurens utfodring och vård, 2003:257)
- Stein, H. H., Fuller, M. F., Moughan, P.J., Sève, B., Mosenthin, R., Jansman, A.J.M., Fernández, J.A. & de Lange, C.F.M. (2007). Definition of apparent, true, and standardized ileal digestibility of amino acids in pigs. *Livestock Science*, 109, 282–285.
- Sun, T., Nygaard Lærke, H., Jørgensen, H. & Bach Knudsen, K. E. (2006) The effect of extrusion cooking of different starch sources on the in vitro and in vivo digestibility in growing pigs *Animal Feed Science and Technology*, 131, 66–85.
- Svenska Foder AB (2016a). Sammanställning proteininnehåll i spannmål 2012-2015.
- Svenska Foder AB (2016b). Aminosyror i spannmål 2013-2015.



Vranjes, M. V. & Wenk, C. (1995). The influence of extruded vs. untreated barley in the feed, with and without dietary enzyme supplement on broiler performance. The influence of extruded vs. untreated barley in the feed, with and without dietary enzyme supplement on broiler performance. *Animal Feed Science and Technology*, 54, 21–32.

Woodard, H. J. & Bly, A. (1998). Relationship of nitrogen management to winter wheat yield and grain protein in South Dakota. *Journal of plant nutrition*, 21, 217–233.